Current Issue Review

79-2E

The Greenhouse Effect and Climatic Change

Robert Milko

Science and Technology Division
Research Branch

25 September 1979
Reviewed 17 October 1986

Library of Parliament
Bibliothèque du Parlement

Research Branch

88-00839/

The Research Branch of the Library of Parliament works exclusively for Parliament, conducting research and providing information for Committees and Members of the Senate and the House of Commons. This service is extended without partisan bias in such forms as Reports, Background Papers and Issue Reviews. Research Officers in the Branch are also available for personal consultations in their own fields of expertise.

© Minister of Supply and Services Canada 1987

Cat. No. YM32-1/79-2-1986E

ISBN 0-660-12341-X

N.B. Any substantive changes in this Review which have been made since the preceding issue are indicated in **bold print.**

CE DOCUMENT EST AUSSI
PUBLIÉ EN FRANÇAIS

CANADA
LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

THE GREENHOUSE EFFECT AND CLIMATIC CHANGE

ISSUE DEFINITION

Over the last quarter-century, scientists have conclusively demonstrated that the content of the dominant greenhouse gas, carbon dioxide (CO_2), is increasing in the atmosphere. A rise of about 4% in CO_2 concentration during the 1970s alone and of 8% over the last 25 years has been measured; an increase of some 20-30% since the beginning of the Industrial Revolution is inferred. What this environmental shift may mean for man and his planet, however, remains a matter of controversy.

The greenhouse theory holds that adding large quantities of carbon dioxide, and just as importantly, other greenhouse trace gases (see Section D.2) to the atmosphere will warm the Earth. Many climatologists believe that the higher concentration of greenhouse gases will induce a global warming sufficient to cause extensive change in climatic patterns. Other experts note that the Earth's mean temperature declined slightly between about 1940 and 1970 despite a steadily rising CO_2 concentration and argue that factors such as airborne particulates or changing cloudcover could offset greenhouse gas-induced warming. Reports recently released in the United States by the Environmental Protection Agency and by the National Research Council, the principal operating agency of the National Academy of Sciences, have sharpened the debate because of their differing conclusions about the future implications of the greenhouse effect.

Climatic change is a matter of great import to global agriculture, especially in countries such as Canada where the agricultural system operates under marginal climatic conditions. A warming planet and consequently rising sea level could eventually also have a far-reaching impact on man's patterns of habitation.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

BACKGROUND AND ANALYSIS

We live in an age in which man's activities have become so pervasive and of such magnitude that they disturb the Earth's natural environment in many ways. A pollution problem which has only recently received widespread attention has the potential to affect most of the world's inhabitants. That problem concerns the increasing amount of carbon dioxide which is accumulating in our atmosphere as a direct result of the combustion of increasing quantities of the fossil fuels oil, gas and coal, and perhaps because of deforestation and land clearing as well.

It may seem odd to think of CO_2 as a pollutant because it is a natural and essential component of our atmosphere, but it is not the gas per se which is the problem; it is its rising atmospheric concentration which is potentially environmentally disruptive. The Earth's global mean temperature has remained remarkably stable over the millenia (probably varying by only some 6°C between the glacial and interglacial extremes of the last 20,000 years), but by pumping CO_2 and other greenhouse trace gases into the air at an increasing rate man may be setting the stage for a large excursion from the climate he thinks of as "normal".

A. The Relationship between Atmospheric CO_2 and Climate

The Earth receives radiant energy from the sun but it must reradiate that energy back into space or our world would become progressively hotter. Solar energy arrives at the Earth's surface at wavelengths lying predominantly within the visible part of the electromagnetic spectrum, bracketed by smaller contributions from the near infrared and near ultraviolet. The Earth reradiates energy, however, at longer wavelengths which concentrate in the far infrared or "heat" end of that spectrum. This shift in wavelength is the crux of the mechanism which heats the atmosphere and ultimately plays a large role in determining climate.

The atmosphere is composed of familiar molecules (such as oxygen, nitrogen, carbon dioxide and water vapour), but it's less commonly known that these molecules have the ability to absorb energy of certain

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

fixed wavelengths. These absorption bands are discrete and differ sharply for different species of molecules. With the exception of water vapour (H_2O), most atmospheric gases absorb relatively little incoming solar radiation.(1) Ozone (O_3) is the only other atmospheric gas which absorbs much solar radiation, although this occurs primarily in the stratosphere, a cold, dry, cloudless region of the atmosphere located at an altitude between 15 to 50 km. At the longer (infrared) wavelengths at which energy is radiated from the Earth's surface into space, CO_2 and H_2O are the two main energy absorbing gases found in the atmosphere. This absorption occurs primarily in the troposhere, the region from the earth's surface up to an altitude of 10 to 15 km. Other important infrared-absorbing gases are nitrous oxide, methane, the chlorofluorocarbons and ozone.

When these molecules absorb energy, they cause general atmospheric warming, a phenomenon commonly called the "greenhouse effect" because it is crudely analogous to the warming of a glassed enclosure. (A greenhouse is transparent to incoming solar radiation but impedes heat loss by preventing convection.) Greenhouse gases thus act like a "thermal blanket" around the Earth. As the atmospheric concentration of these gases increases, and the absorption of energy in the infrared with it, incoming radiation temporarily exceeds outgoing radiation. The temperature of the atmosphere rises and a new radiation balance is established.

Most estimates of the increase in the mean global temperature of the lower atmosphere which could result from a doubling of the present CO_2 concentration lie between 1.5° and 4.5°C. The most recent and more complex models used to predict these changes now narrow this range to between 3.5° C. and 4.2°C, the higher end of the earlier predicted range. In addition to CO_2, if current trends of increases in the concentrations of greenhouse trace gases continue, a global climate

---

(1) Approximately 32% of the solar radiation incident on the Earth's outer atmosphere is directly reflected back into space and this is known as the Earth's albedo or reflectivity. A further 24% of the incident solar flux is absorbed within the atmosphere itself, primarily by water vapour and clouds but also in lesser degree by ozone, oxygen, carbon dioxide and dust. The remaining 44% of the solar energy reaches the Earth's surface where the great part is absorbed, to be subsequently radiated back into space as long-wave thermal radiation.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

warming equivalent to that expected from doubling the CO_2 concentration in the atmosphere could occur as early as the year 2030. This increase is not expected to occur evenly over the Earth's surface but to be much more pronounced towards the poles.

B. Sources of Carbon Dioxide

Carbon dioxide is the vehicle which transports carbon through the carbon cycle. It is removed from the air by plants during photosynthesis to make solid organic compounds and, when these compounds are respired, CO_2 is again released to the atmosphere. Carbon dioxide dissolves in the oceans as bicarbonate and can be converted to the solid, calcium carbonate, by shellfish. In the very long-term, CO_2 can be converted to fossil fuels. Thus, carbon dioxide is part of the cycle of carbon circulation (a biogeochemical cycle) which consists of both living and nonliving components. It is essential for the continued existence of life.

The pollution potential of CO_2 is a function of its low atmospheric concentration. Whereas nitrogen composes about 78% of the atmosphere by volume and oxygen 21%, carbon dioxide comprises only slightly more than 0.03%. Compared with oxygen or nitrogen, only a relatively small addition of carbon (in the form of CO_2) to the air is needed to change significantly its global concentration.

The atmospheric concentration of CO_2 has varied over geological time. Nonetheless, in mankind's recent history there is believed to have been an approximate balance in the exchange of carbon between the atmosphere and terrestrial biota (plant and animal life), and between the atmosphere and the oceans. Industrial man has caused a small but increasingly significant alteration in the natural carbon cycle. How has he accomplished this?

1. The Combustion of Fossil Fuels

Over the last half-billion years of our planet's more than 4.5-billion-year history, a small percentage of the carbon circulating through the Earth's surface environment has been diverted and stored in sedimentary rocks as fossil fuels. Industrial man, however, seems intent

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

on returning to the atmosphere within a century or two a significant fraction of the carbon which nature has accumulated in fossil fuels over many millions of years.

Fossil fuel combustion has released an estimated 160 billion tonnes of carbon to the atmosphere since 1900, with the present contribution calculated to be approximately 5 billion tonnes annually. Future levels of emissions are conjectural, depending upon the assumptions one makes regarding population growth, technological change, the global economy, energy conservation, fuel costs and the evolution in the mix of energy sources which satisfy man's energy requirements. The recent report of the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) forecasts a doubling of pre-industrial CO_2 levels by the year 2060. Thereafter, the EPA report predicts a dramatic acceleration in CO_2 concentration "...due largely to (1) the assumed maturation of the world's economies after 2050 and the resulting increase in GNPs, and (2) the accelerated use of synthetic fuels after 2025 and unconventional oil (especially shale oil) after 2050."(1) The corresponding level of carbon emission forecast for the year 2100 is some 50 billion tonnes annually, 10 times the current level. In this context one should note that the character of the global energy system foreseen in the EPA report would be sharply disagreed with by some. The National Research Council study sees CO_2 concentration doubling by 2050-2100, in reasonable agreement with the EPA finding, but suggests a considerably lower rate of carbon emission in the second half of the 21st century.

2. Deforestation

When man exploits the world's forest resources without provision for their regeneration, as is occurring today in many regions of the Earth, he compounds the atmospheric CO_2 pollution problem because (a) the trees which are felled are no longer able to photosynthesize and remove CO_2 from the air; (b) this biomass releases CO_2 when it is burned or when it decomposes; and (c) harvesting the forests bares the soil's surface and

---

(1) Stephen Seidel and Dale Keyes, Can We Delay a Greenhouse Warming?, Office of Policy and Resources Management, Environmental Protection Agency, Washington, September 1983, p. 4-9.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

exposes it to the forces of erosion. As decomposition of the humus content of the soil progresses, even more CO_2 is released to the atmosphere.

No one knows with any certainty how much CO_2 is entering the air as a result of deforestation. The prevailing view at the moment seems to be that deforestation can be a substantial contributor to atmospheric CO_2 over comparatively short periods of time and since some 40% of all plant carbon is stored in tropical rainforests such as those of the Amazon basin, extensive clearing of these forests would undoubtedly release huge amounts of CO_2. In the longer run, fossil fuel combustion is viewed as the dominant cause of CO_2 accumulation. Still, the most recent and precise estimates suggest a range of 0.9 to 1.2 billion tonnes annually (i.e. one fifth the amount input by fossil fuels.)

C. Sinks of Carbon Dioxide

Of the total amount of anthropogenic CO_2 produced over the last century, measurements suggest that only about half has actually stayed in the atmosphere -- CO_2 must be absorbed or stored somewhere or the atmospheric concentration would be greater than observed. Thus it is worthwhile examining the two main sinks for carbon dioxide: vegetation and the oceans.

1. Vegetation

Terrestrial biota and soils contain roughly three times as much carbon as the atmosphere. Forests are the most active and vulnerable element of this carbon reservoir. Deforestation and land disturbance release CO_2 but other of man's activities can add to the reservoir. Reforestation, extending plant growing seasons, introducing new crops into previously unsuitable climatic zones and fertilizing plants to stimulate growth may well be countering much of the carbon loss due to deforestation and land disturbance. There is some evidence to suggest that the rising concentration of CO_2 in the air is stimulating plant growth, enhancing the carbon retention capacity of the world's vegetation. On the other hand, higher temperatures tend to increase plant respiration. In short, the extent to which and under what circumstances the Earth's vegetation acts as

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

a net contributor or recipient of atmospheric carbon remains to be resolved.

2. Oceans

The oceans of the world contain substantially more carbon than the atmosphere, the biota and fossil fuels combined. Although much remains to be determined about how the oceans and the atmosphere exchange carbon dioxide, current research suggests that the oceans are absorbing about 40%, or 2 billion tonnes annually, of the carbon being added to the atmosphere by fossil fuel combustion.

Seawater absorbs CO_2 primarily because of its content of dissolved ions which react with CO_2; however, the overall buffering capacity of the oceans is not yet well known because it varies with time and place. The Earth's saltwaters are not homogeneous with respect to their carbon dioxide content: some surface waters may be seasonal sinks for CO_2 whereas others may be seasonal sources. The amount of CO_2 which can be taken up by saltwater depends not only on the chemical nature of the water's dissolved materials but also to a great extent upon the effectiveness of ocean mixing. This latter point is particularly important because it is surface waters only which are in contact with the atmosphere and which can readily absorb CO_2.

There seems to be little dispute that the deep waters of the world's oceanic reservoirs could ultimately absorb all the CO_2 man is ever likely to generate. But given the constraints of oceanographic parameters the question becomes one of time. Research has indicated that the rate of turnover of the ocean's thermally stratified waters is extremely slow. Only the upper 75 metres or so of ocean water has annual contact with the atmosphere and the average circulation time for the deep oceans is about 500 years. If surface waters become saturated with carbon dioxide, as the EPA report believes will occur, then the removal of accumulated atmospheric CO_2 could take an amount of time in the order of centuries. Furthermore, rising air temperatures will warm the upper layers of the oceans, reducing their ability to absorb CO_2. It is even possible and has been frequently suggested that the cooler waters, now the major CO_2 sink, could release CO_2 as they warm.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

As studies and theories concerning the greenhouse effect evolve, it is becoming increasingly obvious that a holistic approach to ecological understanding and management is needed. For example, it is possible that, as the waters become more acidic, as has been observed in shallow surface area waters, changes in the decomposition cycle of calcium carbonate ($CaCO_3$) shells will be brought about which could affect the CO_2 absorption capability of the oceans. Shells of planktonic mollusks in the North Pacific are formed by incorporating some of the carbon entering the ocean waters. In effect they remove carbon from the shallow ocean layers as they grow, and when they die they fall to greater ocean depths transferring the carbon in the form of $CaCO_3$ to these depths. This makes it easier for new atmospheric CO_2 to enter the upper ocean. Generally these shells will dissolve best under the acidic conditions normally found at great depths, but areas have now been found where shells are dissolving in the top 10% of ocean depths. This of course returns carbon to this surface layer, reducing its capability to absorb atmospheric CO_2. Although not yet a quantifiable effect, this phenomenon does help to illustrate the complexity and interrelatedness of many environmental-ecological issues.

Recently, attention has focused on the world's river systems in the transfer of carbon from land to sea. In a major international study, more than 50 scientists around the globe are monitoring at least 50% of the freshwater discharge to the oceans. Preliminary results suggest that riverine systems may be a significant sink for carbon, especially in cases where dams have been constructed, impounding the sediment load in reservoirs. Once again one sees the hand of man modifying a natural biogeochemical cycle.

Still, balancing the equation of the carbon cycle is not possible using these carbon sinks alone and up to 50% more carbon than can be found accumulating in these sinks is unaccounted for. Although this imbalance has been suggested as reason to invalidate projections of the greenhouse effect, recent calculations may shed some new light on the equation and might contribute a new term to the global carbon balance, i.e. waste. Whenever waste is not somehow "recycled" but, as in landfilling or dumping is essentially subtracted from natural cycles, its

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

carbon content is segregated from the carbon cycle for many years. Preliminary calculations indicate 1.0 billion tonnes of carbon a year is thereby segregated and the carbon balance should be modified accordingly. Work is continuing on this aspect.

D. Evidence of an Increase in Greenhouse Gases

1. Carbon Dioxide

Although the predicted after effects of atmospheric carbon dioxide accumulation are speculative and remain controversial, the recently- measured data are irrefutable. A number of scientific observers have concluded that over the period 1850 to 1980, the atmospheric concentration of carbon dioxide increased from perhaps 290 to 345 parts per million (ppm), although there is a growing body of opinion that the pre-industrial level may have been as low as about 250 ppm. More accurate measurements have shown that the concentration has risen 12 $\pm$ 1 ppm in the decade from 1970 to 1980 and has continued to rise by 1.0-1.5 ppm annually. Since the data suggest that there is some acceleration in the rate of increase in atmospheric CO_2 concentration, CO_2 levels may well rise to 400 ppm early in the next century.

Determining what atmospheric CO_2 levels have been in the past is a challenging exercise, systematic measuring having only begun in 1958. Analysis of CO_2 content in ice cores from Greenland and Antarctica, carbon in deep-sea sediments, and carbon isotopes in tree rings have all been used to determine the historic (pre-industrial revolution) CO_2 concentrations. Such data are required to develop better models of the carbon cycle and to understand more fully how climatic change links with fluctuating CO_2 levels. A new climate centre has been established at Columbia University to direct what has been called the most broadly based scientific effort anywhere to predict world climate. Formed by the Goddard Institute of Space Sciences of NASA and the Lamont-Doherty Geological Observatory, the centre will have an unmatched database to draw upon in studying past and future climates.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

2. Trace Gases

Less abundant trace gases are now thought to contribute half as much to the greenhouse effect as does CO_2 at present, and as their concentrations increase, they are likely to have an effect on climate comparable with that of CO_2. Some of these trace gases have historically existed at lesser concentrations, (e.g., methane-CH_4; nitrous oxide-N_2O) while some (the Freons[1] for example) have probably only existed in measurable concentrations since their synthesis by industrial society.

As discussed earlier, CO_2 and water vapour absorb the thermal radiation reflected back from the earth into the atmosphere within particular ranges of wavelengths. Interestingly, these gases have left open a "window" in the atmosphere (i.e. a particular range of wavelengths from 8 to 12 micrometres) where a substantial fraction of thermal radiation (heat) can still escape. Ironically, this atmospheric window is now being shut as all the trace gases in question absorb thermal radiation in this specific range of wavelengths. Can this window be left propped open given the production of trace gases to date and their expected future production?

Methane (CH_4) is at present the most effective greenhouse trace gas with a total content in the atmosphere of five billion tons, resulting in a concentration of approximately 1.6 ppm. The increase in methane (at present greater than 1% per year) apparently began in previous centuries and has doubled since the eighteenth century. Ice core dating indicates that its concentration was relatively constant for the previous 2,000 to 3,000 years. The sources of methane (the major component of

---

(1) Freon is a trade name often associated with various chlorofluorocarbons (CFC) which can be found in refrigerants and aerosols. These include CCl_3F and CCl_2F_2, often referred to as CFC-11 and CFC-12 respectively, and other halogenated hydrocarbons (halocarbons) such as chlorocarbons and bromocarbons. Most of the past attention has focused on the potential role of chlorine and bromine atoms of these molecules as ozone-destroying catalysts in the earth's stratosphere. Their effect in the troposphere as greenhouse gases is also coming to light.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

natural gas) in the atmosphere and the reason for its increase is somewhat obscure although a recent examination lists rice paddies, ruminating animals (predominantly domestic cattle), biomass burning, swamps, and natural gas and coal mining losses as the major sources, in decreasing order of importance. Placed in a historical context of humankind's development one can visualize a basis for change in the anthropogenic sources. The residence time of CH_4 in the atmosphere is only five to ten years so, given a reduction in production, CH_4 concentration could be held at bay. However, this does not seem likely considering most of the sources of production. Complicating this matter is that the normal atmospheric removal process is a gas-phase reaction involving OH and CH_4 that is being jeopardized by increasing concentrations of carbon monoxide (CO). CO destroys the OH that might normally remove methane.

Nitrous oxide (N_2O) has been present in the atmosphere at stable concentrations for a long time and has recently shown an increase, at about 0.2% per year. If, as is likely the case, the N_2O increase witnessed recently (0.2% annually to 300 ppm) is due to either increased microbial activities associated with increased use of nitrogen-based fertilizers or an increase in the combustion of fossil fuels, then the imbalance is likely to grow rapidly unless major global changes in direction are made. The low probability of this latter event is easy for most people to appreciate. N_2O has a residence time of over 100 years so reductions of input now would not be effective for some period of time. The contribution of N_2O to the greenhouse effect is approximately one-sixth that of CH_4.

The most common halocarbons are the Freons or chlorofluorcarbons (CFC) CCl_2F_2 and CCl_3F which came into major production in the 1960s and were first measured in the atmosphere in 1971. Since then, measurements have shown that their atmospheric concentrations have grown at the same rate as would be expected based on industrial production. Global emissions of CFCs actually declined from the mid-1970s though 1982, but their long residence time - at least 100 years for CCl_2F_2 and 60 years for CCL_3F - leads to a continuing buildup. This can be seen by the average CFC buildup of approximately 6% per year during the period when emissions

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

declined. According to the Chemical Manufacturers Association, production of CFCs, based on figures from 21 companies in western countries, is again rising and increased in 1984 from 647,100 tonnes to 694,500 tonnes. CCl_2F_2 and CCl_3F are found at concentrations of 0.0003 ppm and 0.0002 ppm and are respectively one third and one fifth as effective greenhouse gases as methane. In addition there are other halocarbons that are potential greenhouse gases and should be further studied.

Although concentrations of some of these trace gases seem low, a comparison of their relative concentrations and their effectiveness as greenhouse gases indicates a salient point. Effectiveness is not simply a reflection of concentration, but illustrates the complex nature of quantum physics. In final analysis, those gases in small concentrations, (ie. the CFCs) absorb thermal radiation almost in proportion to their concentration; methane and nitrous oxide increase their absorption according to the square root of their concentrations; CO_2 absorption is proportional to the logarithm of its concentration.

As stated in the previous footnote on Freon, the main concern for CFCs has been their effect in reducing the ozone layer of the stratosphere. The ozone layer shields the life forms of the earth from detrimentally high concentration of ultraviolet light, and acts as a control on the amount of solar radiation reaching the earth, which in effect, heats the earth and its atmosphere. A breakdown of the ozone layer would also contribute to the greenhouse effect. Monitoring the ozone layer over the Antarctic since 1957 has shown the formation of a large, deepening hole in the ozone layer since the early 1970s. Since then, each year in the spring (October), the thinning of the ozone layer has increased with an overall drop up to 50% measured in 1985. This has occurred in an extremely short time period and an increase in CFCs is strongly implicated in this development, but has not been proven. What this hole in the ozone layer really means is not known but it is extremely disturbing to the scientific community and warrants, and is, receiving further consideration.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

E. Implications of Increased Atmospheric Levels of CO_2

Most people are unconcerned when they hear that the Earth's mean temperature could rise by between 1.5 and 4.5°C in response to a doubling of the atmospheric CO_2 level and increases in the other greenhouse gases, because they perceive such a change to be relatively minor. But such a modification could be most significant indeed!

For instance, it has been suggested that the melting of the polar ice caps, or conversely the initiation of a new ice age, could be triggered by a mean global temperature change of only a few degrees Celsius. For example, from the temperature low of the last glacial period (approximately 18,000 years ago) to the temperature high (perhaps 7,000 years ago) of the warm "interglacial" period we are living in today, the mean temperature of the ocean rose only 2°C and the mean global temperature rose only 6°C. The increase in sea level brought about by this last ice melting episode is estimated at approximately 100 metres (328 feet) -- further warming and melting of polar ice masses could inundate coastal areas in the future.

While the conclusions regarding atmospheric CO_2 accumulation and projected warming of the Earth contained in the EPA report are not markedly different from those reached in some other studies, EPA forecasts of when these trends will recognizably alter world climate are more urgent than those of the past. This report contends that CO_2-induced climatic change will become apparent before the end of the century and that planning to deal with this threat should begin now. According to the report's authors:

> Evidence continues to accumulate that increases in atmospheric carbon dioxide (CO_2) and other "greenhouse" gases will substantially raise global temperature. While considerable uncertainty exists concerning the rate and ultimate magnitude of such a temperature rise, current estimates suggest that a 2°C (3.6°F) increase could occur by the middle of the next century, and a 5°C (9°F) increase by 2100. Such increases in the span of only a few decades represent an unprecedented rate of atmospheric warming.
>
> Temperature increases are likely to be accompanied by dramatic changes in precipitation and storm patterns

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

> and a rise in global average sea level. As a result, agricultural conditions will be significantly altered, environmental and economic systems potentially disrupted, and political institutions stressed.(1)

The EPA study argues further that it will be very difficult to devise any strategy to significantly modify these projected trends in CO_2 accumulation and global temperature increase. The authors attribute this fact to the difficulty in changing fuel-use patterns in the world energy system and to the substantial momentum built into temperature trends because of the effect of greenhouse trace gases. These findings have been greeted with a mixed reaction, and some experts contend that the EPA conclusions are unduly pessimistic. For example, while the National Research Council (NRC) report agrees that the trend in CO_2 accumulation will only be modified with great difficulty, it does not convey the sense of urgency of the EPA document. The major difference between the two reports has been characterized as follows:

> ...A report prepared by a committee under the auspices of the National Research Council (NRC) subscribes to the view that uncertainties in our knowledge of the greenhouse effect are so great that we should take no action now except to study the problem more intensively. An EPA report that was released almost simultaneously concludes that even though a significant warming is likely if we continue on our present path, there is no feasible way to change this path enough to avert the warming by more than a few years. In brief, this view holds that we face almost certain unprecedented changes in the global climate but that we can do nothing but try to adapt to these changes...(2)

Scientists do not know exactly what a warmer climatic regime would be like. It is felt that a rise in temperature of 3.5°C to 4.2°C would probably result in a global average increase in precipitation, due to an increase in evaporation, of 7 to 11%. Distribution of these effects will probably be variable. In any event, changing the length of the growing season and altering traditional precipitation patterns would almost

---

(1) Seidel and Keyes (1983), p. i.

(2) Bette Hileman, "Recent Reports on the Greenhouse Effect", Environmental Science and Technology, Vol. 18, No. 2, February 1984, p. 45A.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

certainly disrupt established agricultural practices. Man might eventually harvest even more food with a warmer and wetter climate but the confusion which would ensue following major climatic changes could cause some lean years during adaptation.

More specifically, warming is expected to be two to three times more pronounced in high latitudes than the global average. Based upon a computerized climate model, the Canadian Climate Centre suggests that a doubling of atmospheric CO_2 would increase wintertime temperatures by 5-12°C in the high Arctic and by 2-5°C over much of the remainder of the country. If this climatic amelioration were realized, the tree line would migrate north as would the zones of continuous and discontinuous transportation would be greatly facilitated, and fertile river valleys in the southern Yukon and District of Mackenzie could support agricultural development. Arctic precipitation and run-off would probably increase as storm tracks were displaced northward. In short, the socioeconomic impact in northern Canada of a warming planet could be substantial and, on balance, probably favourable. On the other hand, different studies suggest that mid-latitude continental interiors would experience a decrease in precipitation and an increase in evaporation with the warmer temperature, exacerbating already emerging problems of water supply. Such regions include the major grain-producing areas of the world including those of Canada and the U.S.A. Increased precipitation is expected in tropical and sub-tropical latitudes.

An analysis of four reports studying the potential climatic effect of the buildup of CO_2 in the atmosphere, carried out for the U.S. Department of Energy has a few caveats regarding the possible benefits to plant growth resulting from increased CO_2:

> Some of these effects may be beneficial. Carbon dioxide is, after all, an essential compound for life on this planet. Plants absorb carbon dioxide from the atmosphere, and are the basic food supply for other life forms, including humans. Several studies now show that at concentrations of 280 ppm or less, carbon dioxide was the limiting factor on agricultural productivity. Estimates of the enhancement of plant growth with every 10 ppm increase in carbon dioxide

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

concentration above that level range from 0.5 to 2 per cent.

Unfortunately, it is not all good news. The food quality of some plant declines if more carbon dioxide is available. Soya bean, for example, produces leaves which are richer in carbon compounds and deficient in nitrogen. Insect pests that feed on these leaves have to eat more leaf to obtain enough nitrogen, and so do more damage to the plant.

Different plants respond differently to an increased availability of carbon dioxide, and many weeds, it turns out, respond more vigorously than many food plants.

So far, says the report, there is not enough information to predict which species of plant will benefit most from the projected increase in carbon dioxide.(1)

F. Is the Problem Real?

Since the world's mean surface temperature actually declined from about 1940 to 1970, and then dipped again suddenly in 1982, doesn't this cast doubt on the importance of the greenhouse effect? It could, but most experts believe that the Earth simply passed through a natural cooling phase around the middle of the century which slightly more than offset greenhouse gas-induced warming. There are natural variations in global temperature that can be termed "noise". For example, the sun's luminosity exhibits some variability, leading to fluctuations in the solar energy reaching the Earth. Presumably the warming caused by greenhouse gas accumulation so far has not been large enough to be clearly distinguishable from this noise. Some scientists are now predicting, however, that the greenhouse effect should rise out of the noise level of natural temperature variation within the next decade or two.

Other experts argue that the climate is inherently stable and that negative feedback mechanisms can adequately cope with greenhouse warming. They maintain that even a relatively small increase in low

---

(1) John Gribbin, "Temperature Rise in the Global Greenhouse", New Scientist, Vol. 110, No. 1508, 15 May 1986. p. 32-33.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

cloudiness (which would reflect some of the sun's energy back into space) could cause a cooling which would more than balance the warming induced by a sizeable increase in greenhouse gases. In fact there are arguments, pro and con, on most facets of the greenhouse gas debate. On one point, however, there seems to be agreement: greenhouse gas accumulation in the atmosphere does pose a potential environmental or climatic threat.

Involved in all the controversy over the prediction of future trends, and of utmost importance, is the response of humankind. The predictability of human behaviour is limited and experience tells us that extrapolation is not always a good guide to the long-term future. We are, however, increasing the concentrations of greenhouse gases and are ultimately responsible for their effects.

PARLIAMENTARY ACTION

On 15 May 1981, the Special Committee on Alternative Energy and Oil Substitution tabled its final report, "Energy Alternatives", in the House of Commons. In its report the Committee proposed seven criteria for guiding energy development. Environmental concern was one of these. In the words of the report:

> Two of today's most disturbing environmental problems are acid rain and the accumulation of carbon dioxide in the atmosphere, and both of these phenomena result primarily from the combustion of fossil fuels. Thus environmental concern has been a major factor in causing the Committee to believe that a new energy system in Canada should be one which is not based principally upon the combustion of hydrocarbons.(1)

---

(1) Canada, House of Commons, Special Committee on Alternative Energy and Oil Substitution, Energy Alternatives, Supply and Services Canada, Ottawa, May 1981, p. 59.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

CHRONOLOGY

1958 - Dr. Charles Keeling begins monitoring the concentration of carbon dioxide in the atmosphere at a station on Mauna Loa in Hawaii.

February 1979 - The World Climate Conference, sponsored by the World Meteorological Organization, is held at Geneva, Switzerland. The conference emphasizes the importance of climatic research and calls for further study of the CO_2 problem.

September 1979 - A meeting of climatologists is held in Toronto. The Report from the meeting recommends:

- the purchase of a computer capable of climate modelling which can simulate and predict the impact of increased levels of atmospheric CO_2
- that Canada cooperate in international efforts at data collection which will help explain how oceans, forests, soil and energy-producing activities affect the concentration of carbon dioxide in the atmosphere
- that Canada develop a well-coordinated group to guide a carbon dioxide research program within the Canada Climate Program

October 1983 - The U.S. Environmental Protection Agency releases a report warning that the climatic effects of atmospheric CO_2 accumulation will become apparent in the 1990s. The U.S. National Academy of Sciences issues a report on climatic change which foresees a somewhat similar climatic alteration in the long term but views the situation with less apprehension.

25 September 1984 - An Ottawa symposium on "Global Change", sponsored by the International Council of Scientific Unions, discusses a proposal to establish an International Geosphere-Biosphere Program "to assess trends in natural and anthropogenic global change anticipated for the next 50-100 years." Carbon, the greatest waste product of modern society, would be an important object of study in this program.

16 May 1986 - Documentation revealed that since the early 1970s temporary reductions of up to 50% in the ozone layer over the Antarctic in the month of October are occurring. Implications for the greenhouse effect *per se* are still vague but some of the components of greenhouse trace gases are suspected as causative agents.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

7 August 1986 - Announcement was made of the establishment of a new research team composed of government, industry and university scientists across Canada to help study global climate conditions and change.

SELECTED REFERENCES

(1) Bruce, Jim and Henry Hengeveld, "Our Changing Northern Climate", GEOS, Vol. 14, No. 1, Winter 1985, p. 1-6.

(2) Dickinson, R.E., and Cicerone, R.T., "Future Global Warming From Atmospheric Trace Gases, Nature, Vol. 319, 9 January 1986, p. 109-115. (Library of Parliament)

(3) Hobbie, John et al, "Role of Biota in Global CO_2 Balance: The Controversy", BioScience, Vol. 34, No. 8, September 1984, p. 492-498.

(4) Malone, T.F. and J.G. Roederer (eds.), Global Change, Proceedings of a Symposium sponsored by the International Council of Scientific Unions, 20th General Assembly, Ottawa, 25 September 1984.

(5) Nierenberg, William A. (chairman), Changing Climate, Report of the Carbon Dioxide Assessment Committee, National Research Council, National Academy Press, Washington, 1983. (Library of Parliament QC/879.8/N37)

(6) Seidel, Stephen and Dale Keyes, Can We Delay a Greenhouse Warming?, Office of Policy and Resources Management, Environmental Protection Agency, Washington, September 1983.

(7) United States, Council on Environmental Quality, Global Energy Futures and the Carbon Dioxide Problem, Washington, January 1981.

(8) United States, National Research Council, Energy and Climate, Washington, 25 July 1977. (Library of Parliament Ser/Q11/N293p9/No. 2636)

(9) Williams, Jill, "Global Energy Strategies: The Implications of CO_2", Futures, Vol. 10, No. 4, August 1978, p. 293-302.

(10) Woodwell, G.M., "The Carbon Dioxide Question", Scientific American, Vol. 238, No. 1, January 1978, p. 34-43.

Bulletin d'actualité

79-2F

L'effet de serre et les changements climatiques

Robert Milko

Division des sciences et de la technologie
Service de recherche

Le 25 septembre 1979
Revu le 17 octobre 1986

Bibliothèque du Parlement
Library of Parliament

Service de recherche

Le Service de recherche de la Bibliothèque du Parlement travaille exclusivement pour le Parlement, effectuant des recherches et fournissant des informations aux parlementaires et aux comités du Sénat et de la Chambre des communes. Entre autres services non partisans, il assure la rédaction de rapports, de documents de travail et de bulletins d'actualité. Les attachés de recherche peuvent en outre donner des consultations dans leurs domaines de compétence.

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987

N° de cat. YM32-1/79-2-1986F

ISBN 0-660-91925-7

N.B. Dans ce bulletin, tout changement d'importance fait depuis la dernière publication est indiqué en **caractères gras** .

THIS DOCUMENT IS ALSO PUBLISHED IN ENGLISH

TRADUCTION

CANADA
LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

L'EFFET DE SERRE ET LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

DÉFINITION DU SUJET

Au cours des vingt-cinq dernières années, les scientifiques ont prouvé de façon concluante l'augmentation dans l'atmosphère de la concentration du principal agent de l'effet de serre, à savoir le gaz carbonique. On a mesuré une hausse d'environ 4 p. 100 de la concentration du gaz carbonique au cours des années 70 uniquement et de 8 p. 100 au cours des 25 dernières années, ce qui suppose un accroissement de 20 à 30 p. 100 depuis le début de l'ère industrielle. Cependant, les conséquences de cette évolution écologique pour l'homme et pour la planète demeurent controversées.

Selon la théorie de l'effet de serre, le rejet dans l'atmosphère de grandes quantités de gaz carbonique et, de façon tout aussi importante, d'autres gaz à l'état de traces (voir la section D.2) aura pour effet de réchauffer la terre. De nombreux climatologistes estiment que l'augmentation de CO_2 dans l'atmosphère entraîne des hausses de température suffisantes pour provoquer d'importants changements de climat. D'autres experts font remarquer toutefois que la température moyenne de la planète a diminué faiblement entre 1940 et 1970 environ, malgré la hausse constante de la concentration de CO_2 enregistrée, et ils affirment que des facteurs comme les particules en suspension dans l'air ou une altération de la couche de nuages pourraient contrebalancer le réchauffement de l'atmosphère dû au gaz responsables de l'effet de serre. Des rapports récemment publiés aux États-Unis par l'Environmental Protection Agency et le National Research Council, principal organisme de la National Academy of Sciences, sont venus alimenter le débat en raison de

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

la divergence de leurs conclusions quant aux incidences futures de l'effet de serre.

Le changement de climat peut revêtir une grande importance pour des pays comme le Canada où l'agriculture est soumise à des conditions climatiques précaires. En outre, un réchauffement de la planète suivi d'une élévation du niveau de la mer risquerait d'avoir une incidence profonde sur l'habitat.

CONTEXTE ET ANALYSE

Nous vivons à une époque tellement marquée par l'emprise humaine que l'environnement naturel de la planète en est profondément modifié. Un problème de pollution qui ne retient l'attention que depuis peu de temps pourrait avoir des répercussions sur l'ensemble de la population du globe. Il s'agit de la quantité croissante de gaz carbonique qui s'accumule dans l'atmosphère à cause de l'utilisation croissante de combustibles fossiles tels que le pétrole, le gaz et le charbon, et peut-être aussi du déboisement.

Il peut sembler curieux de considérer le gaz carbonique comme un polluant alors qu'il est un élément naturel et essentiel de l'atmosphère. En soi, ce gaz n'est pas dangereux; c'est l'augmentation de sa concentration dans l'atmosphère qui peut perturber l'environnement. La température moyenne globale de la Terre est restée remarquablement stable au cours des siècles, la variation n'a probablement été que d'environ 6 °C entre les extrêmes glaciaires et interglaciaux des 20 000 dernières années. Mais en rejetant dans l'atmosphère des quantités croissantes de CO_2 et d'autres gaz à l'état de traces qui produisent un effet de serre, l'homme pourrait perturber radicalement le climat qu'il considère comme "normal".

A. Le gaz carbonique et le climat

La Terre reçoit de l'énergie de rayonnement du soleil, mais elle doit la réémettre dans l'espace sinon notre planète deviendrait de plus en plus chaude. L'énergie solaire parvient à la surface de la Terre à

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

des longueurs d'ondes qui se situent surtout dans la partie visible du spectre électromagnétique, mais aussi dans l'infrarouge et l'ultraviolet proches. La Terre réémet l'énergie à de plus grandes longueurs d'ondes qui se concentrent dans l'infrarouge lointain ou la région "calorifique" de ce spectre. Ce déplacement de longueurs d'ondes est à la base du mécanisme qui réchauffe l'atmosphère et, en fin de compte, détermine le climat.

L'atmosphère est composée de molécules bien connues (gaz carbonique, oxygène, azote et vapeur d'eau), mais on ignore souvent que ces molécules peuvent absorber l'énergie de certaines longueurs d'ondes déterminées. Ces bandes d'absorption sont sélectives et diffèrent grandement selon le type de molécules. À l'exception de la vapeur d'eau (H_2O), la plupart des gaz atmosphériques absorbent une partie relativement faible des radiations provenant du soleil.(1) L'ozone (O_3) est le seul autre gaz atmosphérique qui absorbe une grande partie des radiations solaires; le phénomène se produit principalement dans la stratosphère, une couche froide, sèche et limpide de l'atmosphère située à une altitude de 15 à 50 km. Le CO_2 et la vapeur d'eau sont les deux principaux types moléculaires de l'atmosphère capables d'absorber l'énergie réémise par la Terre à de plus grandes longueurs d'ondes (infrarouge). Ce phénomène d'absorption se produit principalement dans la troposhère, qui se situe à une altitude de 10 à 15 km au-dessus de la surface terrestre. D'autres gaz peuvent également absorber l'infrarouge; les plus importants sont l'oxyde d'azote, le méthane, les chlorofluorocarbones et l'ozone.

Lorsque ces molécules absorbent de l'énergie, elles provoquent un réchauffement général de l'atmosphère, phénomène désigné sous le nom "d'effet de serre", car il se rapproche en quelque sorte du chauffage d'un bâtiment en verre. (Les rayons du soleil traversent la serre, mais celle-ci empêche toute perte calorifique en prévenant tout

---

(1) Environ 32 p. 100 des radiations solaires atteignant l'atmosphère externe de la terre sont réfléchies dans l'espace; c'est ce qu'on appelle le facteur de réflexion ou l'albédo de la Terre. De plus, 24 p. 100 sont absorbées dans l'atmosphère même, essentiellememnt par la vapeur d'eau et les nuages, mais également, dans une proportion moindre, par l'ozone, l'oxygène, le gaz carbonique et la poussière. Les 44 p. 100 qui restent atteignent la surface de la Terre où la plus grande partie est absorbée pour être ensuite réémise dans l'espace sous la forme de rayonnement thermique à grande longueur d'onde.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

phénomène de convection.) Les gaz à effet de serre agissent par conséquent comme une sorte de "couverture thermique" autour de la Terre. Lorsque leur concentration augmente dans l'atmosphère et que, par conséquent, plus d'énergie est absorbée dans l'infrarouge, les radiations captées par la Terre excèdent temporairement celles qui sont réémises. La température de l'atmosphère s'élève et un nouvel équilibre des radiations s'établit.

Selon la plupart des prévisions, la hausse de la température moyenne de la basse atmosphère que pourrait provoquer un doublement de l'actuelle concentration de CO_2 varierait entre 1,5 et 4,5°C. Les plus récents modèles complexes utilisés pour prévoir cette hausse la situent désormais entre 3,5 et 4,2°C, ce qui la place malheureusement plus près de la limite supérieure de la prévision précédente. Indépendamment du CO_2, si les gaz à l'état de trace qui sont responsables de l'effet de serre continuent de se concentrer, on pourrait constater dès l'an 2030 un réchauffement global équivalent à celui qui devrait résulter d'un doublement de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère. Ce réchauffement ne serait pas uniforme à la surface de la terre; on s'attendrait à ce qu'il soit beaucoup plus prononcé vers les pôles.

B. Sources de gaz carbonique

C'est le gaz carbonique qui transporte le carbone dans le cycle du carbone. Au cours de la photosynthèse, les végétaux le captent dans l'atmosphère et le transforment en composés organiques solides dont les déchets sont rejetés sous forme de CO_2. Le gaz carbonique se dissout dans les océans sous forme de bicarbonate et les crustacés peuvent le transformer en carbonate de calcium. À très long terme, il peut être transformé en combustibles fossiles. C'est ainsi que le gaz carbonique fait partie du cycle du carbone (cycle biogéochimique) qui est divisé en deux secteurs, l'un vivant et l'autre inerte. Il est essentiel au maintien de toute forme de vie.

Le problème de pollution que pourrait représenter le CO_2 est dû à sa faible concentration dans l'atmosphère. Alors qu'en volume, l'atmosphère est composée d'environ 78 p. 100 d'azote et 21 p. 100

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

d'oxygène, le CO_2 ne représente qu'un peu plus de 0,03 p. 100. Une augmentation minime de carbone (sous forme de CO_2) suffirait pour que sa concentration dans l'atmosphère subisse un changement appréciable.

La concentration de CO_2 dans l'atmosphère a varié au cours des temps géologiques. Néanmoins, il semblerait qu'un équilibre se soit établi à une période récente dans l'échange de carbone entre l'atmosphère et la biosphère (vie animale et végétale) et entre l'atmosphère et les océans. L'industrialisation est la cause d'une altération minime mais de plus en plus importante du cycle naturel du carbone. Comment l'homme en est-il arrivé là?

1. L'utilisation des combustibles fossiles

Au cours du dernier demi-milliard d'années de l'histoire de notre planète, qui remonte déjà à plus de 4,5 milliards d'années, un faible pourcentage du carbone présent à la surface de la terre a été stocké dans des roches sédimentaires sous la forme de combustibles fossiles. L'homme industrialisé semble pourtant vouloir retourner à l'atmosphère, en moins d'un siècle ou deux, une partie considérable du carbone que la nature a mis plusieurs millions d'années à accumuler dans ces combustibles fossiles.

On estime que les combustibles fossiles auraient dégagé 160 milliards de tonnes métriques de gaz carbonique dans l'atmosphère depuis 1900, la contribution actuelle étant évaluée à environ 5 milliards de tonnes par année. Les niveaux futurs d'émission de gaz carbonique dépendront de la croissance de la population, de l'évolution technologique, de l'économie globale, de la conservation de l'énergie, des coûts du carburant et des changements dans les sources d'énergie utilisées pour satisfaire les besoins de l'homme. Selon un rapport récent de L'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis, le taux de concentration du CO_2 dans l'atmosphère pourrait atteindre, en l'an 2060, le double de ce qu'il était avant la révolution industrielle. Par la suite, l'EPA prévoit une accélération spectaculaire de la concentration de CO_2, "[...] principalement due à la maturation des économies mondiales après 2050 et à l'augmentation subséquente des PNB, ainsi qu'à l'utilisation intensive de carburants synthétiques, après l'an 2025, et de pétrole non

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

conventionnel (particulièrement l'huile de schiste), après l'an 2050".(1) D'après les estimations, la quantité de CO_2 dégagée dans l'atmosphère, en l'an 2100, serait de 50 milliards de tonnes par an, soit 10 fois le taux actuel. À ce sujet, il convient de remarquer que le scénario global de consommation d'énergie prévu dans le rapport de l'EPA pourrait être fortement contesté par certains. Selon une étude menée par le Conseil national de recherches, la concentration de CO_2 devrait doubler d'ici à 2050-2100, ce qui corrobore les conclusions de l'EPA, mais les auteurs prévoient un taux d'émission de gaz carbonique beaucoup plus faible au cours de la seconde moitié du XXIe siècle.

2. Le déboisement

Lorsque l'homme exploite les ressources forestières du globe sans prendre les dispositions nécessaires pour leur régénération, comme c'est le cas aujourd'hui dans de nombreuses régions du monde, il aggrave encore le problème, car les arbres abattus ne prélèvent plus de CO_2 dans l'air par photosynthèse, cette biomasse dégage du CO_2 en brûlant ou en se décomposant, et le déboisement dénude le sol qui est ainsi exposé aux multiples agents d'érosion. À mesure que l'humus du sol se décompose, la quantité de CO_2 augmente encore plus dans l'atmosphère.

On ne connaît pas exactement la quantité de CO_2 dégagée dans l'air par suite du déboisement, mais on s'entend actuellement pour dire que celui-ci contribue de façon importante à l'accumulation de CO_2 dans l'atmosphère sur des périodes relativement courtes; ainsi, les forêts tropicales, comme celles du bassin de l'Amazone, renferment environ 40 p. 100 de l'ensemble du carbone végétal, et un déboisement massif de ces régions provoquerait de toute évidence l'émission d'énormes quantités de CO_2. À plus long terme, c'est l'utilisation des combustibles fossiles qui est considérée comme la cause principale de l'accumulation de CO_2. Pourtant, d'après les estimations les plus récentes et les plus précises concernant le déboisement, les émissions imputables à cette source seraient

---

(1) Stephen Seidel et Dale Keyes, Can We Delay a Greenhouse Warming? Office of Policy and Resources Management, Environmental Protection Agency, Washington, septembre 1983, pages 4-9.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

de 0,9 à 1,2 milliard de tonnes annuellement, soit un cinquième de la quantité imputable aux combustibles fossiles.

C. Les éléments qui absorbent le bioxyde de carbone

Les calculs laissent supposer que, de la quantité totale de CO_2 produite par l'activité humaine depuis un siècle, seulement la moitié est restée dans l'atmosphère. De toute évidence, le CO_2 doit être absorbé ou stocké quelque part, sinon sa concentration dans l'atmosphère serait bien supérieure à celle qu'on a observée. Aussi, est-il important d'examiner les deux principaux éléments qui absorbent le bioxyde de carbone: la végétation et les océans.

1. La végétation

La biosphère et le sol contiennent à peu près trois fois plus de carbone que l'atmosphère. Les forêts sont l'élément le plus actif et le plus vulnérable de ce réservoir de carbone. Le déboisement et l'exploitation du sol dégagent du CO_2, mais d'autres activités de l'homme peuvent en ajouter au réservoir. Le reboisement, la prolongation des saisons de croissance des plantes, l'introduction de nouvelles cultures dans des zones où le climat ne s'y prêtait pas et la fertilisation des plantes en vue d'en stimuler la croissance peuvent fort bien compenser une bonne partie des pertes de carbone attribuables au déboisement et à l'exploitation du sol. Certaines études montrent que l'augmentation du taux de concentration de CO_2 dans l'air stimule la croissance des plantes, ce qui augmente la capacité de rétention du carbone de la végétation dans son ensemble. Par ailleurs, les températures plus élevées ont tendance à accroître la respiration des plantes. Bref, on ne sait pas encore dans quelle mesure ni dans quelles conditions la végétation contribue au maintien ou à l'accumulation de carbone dans l'atmosphère.

2. Les océans

Les océans de notre planète contiennent beaucoup plus de carbone que l'atmosphère, la biosphère et les combustibles fossiles réunis. Bien qu'il nous reste encore beaucoup à apprendre sur les échanges de carbone entre les océans et l'atmosphère, les recherches menées jusqu'à

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

maintenant permettent de supposer que les océans absorbent environ 40 p. 100, ou 2 milliards de tonnes par année, du carbone libéré dans l'atmosphère par l'utilisation de combustibles fossiles.

L'eau de mer absorbe le CO_2 tout d'abord grâce aux ions dissous qu'elle contient et qui réagissent avec le CO_2. Cependant, la capacité globale d'absorption des océans reste mal connue, car elle varie selon le moment et l'endroit. Au fait, contrairement à l'atmosphère, les eaux salées de notre planète ne sont pas homogènes quant à leur teneur en bioxyde de carbone: selon la saison, certaines parties de la surface marine peuvent absorber du CO_2, alors que d'autres vont en libérer. La quantité de CO_2 assimilable par l'eau de mer dépend non seulement de la composition chimique des éléments qui s'y trouvent dissous, comme nous l'avons indiqué précédemment, mais aussi, dans une large mesure, de l'efficacité du mélange marin. Ce dernier point revêt une importance particulière, car ce sont uniquement les eaux de surface qui sont en contact avec l'atmosphère et qui sont donc en mesure d'absorber du CO_2.

On ne semble pas contester le fait que les eaux profondes pourraient en fin de compte absorber tout le CO_2 que l'homme pourrait produire. Néanmoins, étant donné les contraintes imposées par les paramètres océanographiques, il s'agit d'une question de temps. Des recherches ont permis de constater que les couches d'eaux thermales stratifiées de l'océan se déplacent très lentement. Seuls les premiers 75 mètres de profondeur environ des océans sont en contact chaque année avec l'atmosphère, et le temps moyen de déplacement des eaux profondes est d'à peu près 500 ans. Il semble évident que si les eaux de surface devenaient saturées de bioxyde de carbone, comme le prédit le rapport de l'EPA, il faudrait des siècles pour que le CO_2 atmosphérique accumulé soit éliminé. En outre, l'élévation de la température ambiante réchauffera les couches supérieures des océans, réduisant ainsi leur capacité d'absorption du CO_2. Il se pourrait même, comme on l'a souvent affirmé, que les eaux plus froides, qui constituent actuellement le principal réservoir d'absorption du CO_2, se mettent à en rejetter si elles se réchauffent.

Au fur et à mesure de l'évolution des études et des théories sur l'effet de serre, on constate qu'il est indispensable de comprendre et

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

de gérer les écosystèmes d'un point de vue global. Il se pourrait, par exemple, qu'à cause de l'acidification de l'eau de mer de surface, le cycle de décomposition du carbonate de calcium ($CaCO_3$) des coquillages subisse des modifications qui pourraient se répercuter sur la capacité d'absorption de CO_2 des océans. Les coquilles des mollusques planctoniques du Pacifique Nord se forment grâce au carbone présent dans l'eau de mer. En fait, ces mollusques prélèvent du carbone dans les eaux de surface pendant leur croissance et lorsqu'ils meurent, ils descendent dans les profondeurs des océans, où ils apportent du carbone sous forme de $CaCO_3$. Ce phénomène facilite l'absorption du CO_2 de l'atmosphère par les eaux de surface. Généralement, les coquilles se dissolvent mieux dans le milieu acide qu'on rencontre habituellement au fond des océans, mais on a découvert certaines régions où elle se dissolvent dans les 10 p. 100 supérieurs des océans, le carbone ést alors restitué dans les eaux de surface, dont la capacité d'absorption du CO_2 de l'atmosphère diminue d'autant. Bien que ce phénomène ne soit pas encore quantifiable, il illustre la complexité et l'interdépendance d'un grand nombre de problèmes écologiques.

Récemment, on s'est intéressé au rôle que jouent les systèmes fluviaux de la planète dans le transfert du carbone de la terre à la mer. Plus de 50 scientifiques de partout dans le monde participent actuellement à une étude internationale d'envergure et vérifient au moins 50 p. 100 du déversement d'eau douce dans les océans. Selon les résultats préliminaires, il semble que les systèmes fluviaux puissent absorber beaucoup de carbone, notamment lorsque des barrages sont aménagés sur les cours d'eau, retenant la charge de sédiments dans les réservoirs. Voilà une fois de plus un exemple où l'homme, par ses interventions, modifie un cycle biogéochimique naturel.

Pourtant, on ne peut résoudre l'équation du cycle du carbone en se servant uniquement des réservoirs d'absorption, car on laisserait ainsi de côté jusqu'à une fois et demie la quantité de carbone qui s'accumule dans ces réservoirs. Certains se sont servis de cet argument pour contredire les prévisions concernant l'effet de serre, mais les plus récents calculs pourraient présenter l'équation sous un jour nouveau en apportant un nouvel élément dans le cycle global du carbone, à savoir les

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

déchets. Chaque fois que les déchets de carbone échappent au recyclage et sont soustraits au cycle naturel, par exemple sous forme de remblais ou d'ordures, leur contenu en carbone se trouve séparé du cycle du carbonne pour de nombreuses années. D'après des calculs préliminaires, on soustrait ainsi 1 milliard de tonnes de carbone par an, ce qui devrait modifier considérablement l'équilibre du carbone. Cette question est toujours à l'étude.

D. Preuves de l'augmentation des gaz créant un effet de serre

1. Le dioxyde de carbone

À l'heure actuelle, bien que les effets de l'accumulation de gaz carbonique dans l'atmosphère soient théoriques et fassent l'objet de controverses, les données établies récemment sont irréfutables. Un certain nombre d'observateurs scientifiques ont abouti à la conclusion qu'au cours de la période s'étendant de 1850 à 1980, la concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère a peut-être passé de 290 à 345 parties par million (ppm), bien que l'on soit de plus en plus d'avis que le niveau antérieur à l'ère industrielle ait pu être seulement d'environ 250 ppm. Des calculs plus précis indiquent que cette concentration a atteint 12 $\pm$ 1 ppm pendant la décennie de 1970 à 1980 et qu'elle augmente toujours de 1 à 1,5 ppm chaque année. Vu que les données recueillies indiquent une augmentation accélérée du taux de concentration de CO_2 dans l'atmosphère, ce taux pourrait très bien s'élever à 400 ppm au début du siècle prochain.

La tâche qui consiste à déterminer quelles ont été les concentrations atmosphériques de CO_2 dans le passé représente tout un défi, ces données n'ayant été relevées systématiquement qu'à compter de 1958. D'après une analyse de la teneur en CO_2 des noyaux de la glace du Groënland et de l'Antarctique, du carbone des sédiments du fond des mers et des isotopes de carbone dans les anneaux des arbres, on a déterminé la courbe de concentration du CO_2 avant le début de la révolution industrielle. Nous avons besoin de telles données pour élaborer des modèles plus exacts du cycle du carbone et pour mieux comprendre en quoi les changements climatiques sont liés aux fluctuations des niveaux de CO_2.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

Un nouveau centre climatique a par ailleurs été créé à l'université Columbia; on y dirigera ce que l'on a appelé la plus vaste offensive scientifique jamais déployée pour la prédiction du climat à l'échelle mondiale. Mis sur pied par le Goddard Institute of Space Sciences de la NASA et le Lamont-Doherty Geological Observatory, le centre disposera d'une base de données sans précédent pour étudier les climats passés et à venir.

2. Les gaz présents à l'état de traces

On considère maintenant que la contribution de certains gaz moins abondants à l'effet de serre représente à peu près la moitié de celle du CO_2; toutefois, comme leur concentration augmente, ils risquent d'avoir un effet comparable à celui du CO_2 sur le climat. Certains de ces gaz présents à l'état de traces ont toujours existé à des degrés de concentration inférieurs, notamment le méthane (CH_4) et l'oxyde d'azote (N_2O), alors que certains autres, comme les Fréons,(1) n'existent en quantités mesurables que depuis qu'ils sont produits synthétiquement par la société industrielle.

On a vu précédemment que le CO_2 et la vapeur d'eau absorbent les radiations thermiques de certaines longueurs d'ondes qui sont réfléchies dans l'atmosphère par la surface terrestre. Il se trouve que ces gaz ont laissé dans l'atmosphère une "ouverture" par laquelle s'échappe une bonne partie des radiations thermiques, soit celles dont la longueur d'ondes se situe entre 8 et 13 micromètres. Or, les gaz à l'état de traces sont maintenant en train de fermer cette "fenêtre" en absorbant les radiations thermiques de cette gamme de longueurs d'ondes. Est-il possible

---

(1) Le Fréon est une marque de commerce; ce gaz se compose de différents chlorofluorocarbones (CFC) qui entrent dans la composition des réfrigérants et des aérosols, notamment le CCl_3F et le CCl_2F_2, communément appelés CFC-11 et CFC-12 respectivement, ainsi que d'autres hydrocarbones halogénés (halocarbones) comme les chlorocarbones et les bromocarbones. Jusqu'à maintenant, on s'est surtout intéressé au rôle de catalyseur que pouvaient jouer les atomes de chlore et de brome de ces molécules dans la destruction de l'ozone que se produit dans la stratosphère. On est maintenant en train de découvrir leur rôle d'agents de l'effet de serre dans la troposphère.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

d'éviter qu'elle se referme, compte tenu de la production actuelle et future de ces gaz?

Parmi les gaz présents à l'état de traces, le méthane (CH_4) est actuellement celui qui produit le plus fort effet de serre; on en trouve une quantité totale de cinq milliards de tonnes dans l'atmosphère, ce qui porte sa concentration à environ 1,6 ppm. L'augmentation du volume de méthane, qui dépasse actuellement 1 p. 100 par an, semble s'être amorcée au cours des derniers siècles et elle a doublé depuis le XVIII^{e} siècle. D'après la datation de la calotte glaciaire, le méthane a conservé une concentration relativement constante au cours des deux ou trois derniers millénaires. Le méthane est la principale composante du gaz naturel; on connaît mal l'origine du méthane présent dans l'atmosphère, ainsi que les raisons de son augmentation quantitative, mais, une étude récente cite à ce titre, en ordre décroissant, les rizières, les ruminants (en particulier le bétail), la combustion de la biomasse, les marais et les émanations résiduelles de l'exploitation du gaz naturel et du charbon. Dans le contexte de l'histoire de l'humanité, on perçoit facilement l'évolution qu'a pu suivre la production de méthane résultant de l'activité humaine. Le méthane ne subsiste que cinq à dix ans dans l'atmosphère; par conséquent, en réduisant la production de ce gaz, on devrait en limiter la concentration. Néanmoins, cette éventualité n'est guère vraisemblable si l'on considère la multiplicité de ses sources de production. Le problème se complique encore du fait que le processus normal d'élimination du méthane dans l'atmosphère, au cours d'une réaction entre l'hydroxyle (OH) et le méthane, est ralenti par la concentration du monoxyde de carbone (CO). Ce gaz détruit l'hydroxyle qui devrait normalement éliminer le méthane.

L'oxyde d'azote (N_2O), qui était présent dans l'atmosphère à des degrés de concentration stables depuis longtemps, augmente quantitativement depuis quelques années à un rythme d'environ 0,2 p. 100 par an. Si, comme il est vraisemblable de le croire, la hausse de la concentration de l'oxyde d'azote (qui atteint environ 300 ppm) est due soit à une intensification de l'activité microbienne résultant de l'usage des engrais azotés, soit à une utilisation plus intense des combustibles

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

fossiles, ce déséquilibre devrait s'accentuer rapidement, à moins d'un changement radical d'orientation qui n'a que peu de chance d'intervenir. La durée de la présence de l'oxyde d'azote dans l'atmosphère est de 100 ans, si bien qu'une diminution dans la production de ce gaz n'aurait pas d'effet avant longtemps. La part de l'oxyde d'azote dans l'effet de serre est d'environ un sixième de celle du méthane.

Les halocarbones les plus courants sont les Fréons, ou chlorofluocarbones (CFC) CCl_2F_2 et CCl_3F, dont de grandes quantités ont été produites à partir des années 60 et dont on a mesuré pour la première fois la présence dans l'atmosphère en 1971. Depuis lors, les relevés indiquent que leur concentration dans l'atmosphère augmente en proportion de leur production industrielle. Malgré la diminution des rejets de CFC de 1975 à 1982, ces gaz continuent de s'accumuler, car la durée de leur présence dans l'atmosphère est de plus de 100 ans pour le CCl_2F_2 et de 60 ans pour le CCl_3F. Cette accumulation a été d'environ 6 p. 100 par an au cours de la période pendant laquelle les émissions ont diminué. D'après les chiffres de l'Association des fabricants de produits chimiques concernant 21 sociétés du monde occidental, la production des CFC recommence à augmenter et est passée en 1984 de 647 100 tonnes à 694 500 tonnes. Le CCl_2F_2 et le CCl_3F sont présents à des concentrations respectives de 0,0003 ppm et de 0,0002 ppm et représentent respectivement un tiers et un cinquième de l'effet de serre attribuable au méthane. En outre, il existe d'autres halocarbones qui risquent de contribuer à l'effet de serre et dont on devrait poursuivre l'étude.

Aussi faible que puisse paraître la concentration de certains de ces gaz présents à l'état de traces, une constatation s'impose lorsqu'on compare leur concentration relative et leur efficacité en tant qu'agents de l'effet de serre: cette efficacité n'est pas simplement proportionnelle à leur concentration, mais elle illustre la complexité de la physique des quanta. En dernière analyse, les gaz en faible concentration, comme les CFC, absorbent pratiquement les radiations thermiques en proportion de leur concentration; le méthane et l'oxyde d'azote augmentent leur capacité d'absorption dans une proportion égale à la racine carrée de leur concentration, tandis que la capacité d'absorption

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

du dioxyde de carbone est proportionnelle au logarithme de sa concentration.

Comme on l'a vu dans une précédente note en bas de page concernant le Fréon, les préoccupations suscitées par les CFC portent essentiellement sur leur effet de détérioration de la couche d'ozone de la stratosphère. Cette couche d'ozone protège les différentes manifestations de la vie sur la terre des trop fortes concentrations de rayons ultraviolets et limite la quantité totale de radiations solaires qui atteignent la terre et qui ont pour effet de réchauffer le globe terrestre et l'atmosphère. Toute rupture de la couche d'ozone contribue également à l'effet de serre. Les mesures effectuées dans la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique depuis 1957 indiquent, depuis le début des années 70, la présence d'un trou qui ne cesse de s'agrandir. Depuis le début de ces mesures, on constate chaque année, en octobre, soit au printemps, un amincissement de la couche d'ozone, qui s'est accentué progressivement pour atteindre 50 p. 100 en 1985. Ce phénomène extrêmement rapide serait fort probablement dû à l'augmentation de la présence des CFC dans l'atmosphère, mais rien n'a encore été prouvé dans ce domaine. On ignore toujours les conséquences de ce trou dans la couche d'ozone, mais il préoccupe au plus haut point la communauté scientifique, qui y consacre d'importants travaux.

E. Conséquences d'une augmentation du niveau de CO_2 dans l'atmosphère

La plupart des gens ne s'inquiètent pas du fait que la température moyenne de la terre pourrait augmenter de 1,5 à 4,5°C si le niveau d'accumulation du CO_2 dans l'atmosphère doublait et s'il y avait une plus forte concentration d'autres gaz responsables de l'effet de serre, car ils y voient un changement relativement minime. En réalité, il pourrait avoir des effets dramatiques.

Par exemple, on estime que la fonte des calottes glaciaires polaires ou, au contraire, l'apparition d'une nouvelle ère glaciaire, pourrait être déclenchée par une modification moyenne de la température globale de l'ordre de quelques degrés Celsius seulement. Ainsi, depuis les

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

températures minimales de la dernière glaciation (il y a environ 18 000 ans), jusqu'aux maximums (il y a peut-être 2 000 ans) de la période "interglaciaire" chaude que nous connaissons actuellement, la température moyenne des océans n'a augmenté que de 2°C et la température moyenne de la terre de seulement 6°C. La hausse du niveau des mers provoquée par la fonte de ces glaces est estimée à environ 100 mètres (328 pieds), ce qui signifie qu'un autre réchauffement et la fonte des glaces de la calotte polaire pourraient provoquer l'inondation des régions côtières existantes.

Même si les conclusions concernant l'accumulation de CO_2 dans l'atmosphère et les prévisions relatives au réchauffement de la terre contenues dans le rapport de l'EPA de septembre 1983 ne sont pas sensiblement différentes de celles d'autres études, l'EPA estime que des changements climatiques seront perceptibles beaucoup plus tôt qu'on ne le prévoyait auparavant. Ce rapport soutient que des changements climatiques attribuables au CO_2 se feront sentir avant la fin de ce siècle et qu'il faudrait envisager immédiatement des mesures pour contrer cette menace. Selon les auteurs du rapport:

> On a de plus en plus de preuves qu'une augmentation de la quantité de bioxyde de carbone atmosphérique (CO_2) et d'autres gaz causant l'effet de serre provoquera une hausse considérable de la température de la planète. Même s'il existe encore une grande incertitude quant au rythme et à l'ampleur ultime d'un tel réchauffement terrestre, on estime actuellement qu'une hausse de température de 2°C (3,6°F) pourrait se produire d'ici le milieu du siècle prochain, et une hausse de 5°C (9°F) d'ici l'an 2100. De telles hausses en l'espace de quelques décennies seulement représentent un taux de réchauffement atmosphérique sans précédent.
>
> Les hausses de température seront probablement accompagnées de changements spectaculaires du cycle des précipitations et des tempêtes ainsi que d'une élévation du niveau moyen des mers. Il s'ensuivra une transformation notable des conditions agricoles, un bouleversement écologique et économique manifeste et de fortes tensions au sein des institutions politiques.(1)

---

(1) Ibid. p. i.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

L'étude de l'EPA prétend en outre qu'il sera très difficile d'élaborer une stratégie susceptible de contrer l'accumulation du CO_2 et le réchauffement de la température du globe prévus. Les auteurs attribuent ce fait à la difficulté de changer le mode d'utilisation du combustible dans le système énergétique mondial et à l'accélération sensible du réchauffement terrestre imputable aux gaz présents à l'état de traces qui contribuent à l'effet de serre. Ces conclusions ont suscité des réactions diverses, et certains experts affirment que les conclusions de l'EPA sont trop pessimistes. Ainsi, bien que le Conseil national de recherches (CNR) convienne dans son rapport que la tendance à l'accumulation de CO_2 ne sera renversée que très difficilement, il ne semble pas trouver la situation aussi urgente que l'EPA. La principale différence entre les deux rapports a été résumée de la façon suivante:

> Un rapport rédigé par un comité sous les auspices du Centre national de recherches (CNR) soutient que les incertitudes quant à l'effet de serre sont d'une telle ampleur qu'on ne devrait prendre aucune mesure à l'heure actuelle, hormis une étude pressante de ce problème. Un rapport de l'EPA publié presque simultanément conclut que même si un réchauffement important est probable si nous poursuivons dans la voie actuelle, il n'existe aucun moyen pratique de changer cette tendance si ce n'est d'éviter un réchauffement pendant quelques années tout au plus. En résumé, d'après nos conclusions, nous faisons face à des changements sans précédent presque certains dans le climat global, mais nous ne pouvons rien faire d'autre que d'essayer de nous adapter à ces changements.(1)

Les scientifiques ne savent pas exactement quels seraient les effets d'un réchauffement du régime climatique. On pense qu'un réchauffement de l'ordre de 3,5°C à 4,2°C occasionnerait probablement une augmentation moyenne des précipitations de 7 à 11 p. 100, à cause de l'accélération de l'évaporation. La répartition de ces phénomènes serait sans doute inégale. Quoi qu'il en soit, l'allongement de la saison de croissance des végétaux et la modification du régime normal des précipitations auraient très certainement pour effet de modifier

---

(1) Bette Hileman, "Recent Reports on the Greenhouse Effect", Environmental Science and Technology, vol. 18, n° 2, février 1984, p. 45A.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

l'agriculture. Un climat plus chaud et plus humide permettrait sans doute de récolter davantage de produits alimentaires, mais la confusion qui résulterait d'un bouleversement du climat risque de causer de graves difficultés pendant la période d'adaptation.

On prévoit en particulier qu'en haute altitude, le réchauffement sera de deux à trois fois plus prononcé que la moyenne globale. En se basant sur un modèle climatique informatisé, le Centre climatique canadien estime que si le CO_2 atmosphérique doublait, les températures hivernales augmenteraient de 5 à 12°C dans le haut Arctique et de 2 à 5°C dans la majeure partie du reste du pays. Si cette amélioration climatique se réalisait, la ligne d'arborescence se déplacerait vers le nord, de même que les zones de pergélisol continues et discontinues; les transports maritimes seraient grandement facilités et les vallées fluviales fertiles, dans la partie sud du Yukon et dans le district du Mackenzie, pourraient être mises en culture. Les précipitations et le ruissellement dans l'Arctique augmenteraient très probablement si la trajectoire des tempêtes se déplaçait vers le nord. En bref, les répercussions socio-économiques d'un réchauffement de la planète dans le nord du Canada pourraient être notables et, dans l'ensemble, probablement favorables. D'un autre côté, il ressort de différentes études que les terres de l'intérieur du continent situées sous des latitudes moyennes connaîtraient une diminution des précipitations et une augmentation de l'évaporation par suite de la hausse de température, ce qui contribuerait à aggraver le problème déjà manifeste de l'approvisionnement en eau. Ces terres comprennent les principales régions du monde qui produisent du grain. On s'attend par ailleurs à une augmentation des précipitations sous les latitudes tropicales et subtropicales.

Le département américain de l'Énergie a fait analyser quatre rapports consacrés aux répercussions climatiques éventuelles de l'accumulation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère. L'auteur de l'analyse fait plusieurs mises en garde concernant les avantages éventuels d'un changement en ce qui concerne la croissance des végétaux:

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

> Il pourrait y avoir certains effets positifs. Après tout, le dioxyde de carbone est indispensable à la vie sur cette planète. Les plantes, qui en absorbent, constituent une ressource alimentaire de base pour d'autres espèces vivantes, notamment pour les humains. Plusieurs études montrent qu'à des concentrations égales ou inférieures à 280 ppm, la rareté du dioxyde de carbone limite la productivité de l'agriculture. On estime que toute augmentation de 10 ppm de la concentration de dioxyde de carbone au-delà de ce niveau devrait se traduire par une amélioration de la croissance des végétaux de l'ordre de 0,5 à 2 p. 100.
>
> Malheureusement, on ne peut parler que des effets positifs. La valeur alimentaire de certains végétaux diminue en présence d'une plus grande quantité de dioxyde de carbone. Ainsi, les feuilles de soja sont plus riches en composés du carbone, mais contiennent moins d'azote. Les insectes parasites qui s'en nourissent doivent en manger davantage pour emmagasiner suffisamment d'azote, si bien qu'ils causent plus de dommages à la plante.
>
> Les différentes variétés de végétaux réagissent différemment à une augmentation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère, et les herbes y réagissent généralement mieux que les plantes alimentaires.
>
> Actuellement, nous ne sommes pas suffisamment renseignés pour déterminer les espèces végétales qui risquent de profiter le plus d'une augmentation de la quantité de dioxyde de carbone continu dans l'atmosphère.(1)

F. Le problème est-il réel?

Étant donné que la température moyenne de la surface du globe a effectivement baissé entre 1940 et 1970 environ, puis a plongé subitement une fois encore en 1982, n'est-on pas en droit de s'interroger sur l'importance de l'effet de serre? C'est possible, mais la plupart des experts croient que la terre a simplement traversé une phase de

---

(1) John Gribbin, "Temperature Rise in the Global Greenhouse", New Scientist, vol. 110, n° 1508, 15 mai 1986, p. 32-33.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

refroidissement naturel vers le milieu du siècle, légèrement plus intense que le réchauffement dû à l'effet de serre. Il existe des variations naturelles de la température terrestre qui peuvent être appelées "bruits". Par exemple, la luminosité du soleil varie, d'où les fluctuations de l'énergie solaire qui parvient à la terre. Vraisemblablement, le réchauffement causé par l'effet de serre n'est pas encore suffisant pour se distinguer clairement de ces bruits. A l'heure actuelle toutefois, certains scientifiques prédisent que l'effet de serre devrait dépasser le niveau de bruit de la variation naturelle des températures au cours de l'une ou des deux prochaines décennies.

D'autres experts font valoir que le climat est fondamentalement stable et que les mécanismes de réaction négative peuvent adéquatement compenser le réchauffement causé par l'effet de serre. Ils prétendent que même une augmentation relativement faible de la couche nébuleuse inférieure (qui refléterait une partie de l'énergie solaire dans l'espace) entraînerait un refroidissement qui compenserait davantage le réchauffement causé par une augmentation notable des gaz responsables de l'effet de serre. Dans le débat sur ces gaz, il y a des arguments pour et contre. Toutefois, on semble d'accord sur un point: leur accumulation dans l'atmosphère fait peser une menace potentielle sur l'environnement ou le climat.

Finalement, l'élément primordial dans la controverse sur cette évolution future est la façon dont l'espèce humaine va y réagir. Le comportement humain est difficile à prévoir et l'on peut dire, à l'expérience, que l'extrapolation ne fournit pas toujours un bon indice de l'évolution à long terme. Quoi qu'il en soit, nous sommes en train d'augmenter les concentrations des gaz qui produisent l'effet de serre, et nous devrons répondre des conséquences de cette modification.

MESURES PARLEMENTAIRES

Le 15 mai 1981, le comité spécial de l'énergie de remplacement du pétrole déposait à la Chambre des communes son rapport final intitulé: "Énergies de remplacement". Dans son rapport, le comité a

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

proposé sept critères pour régir l'exploitation de l'énergie. Les préoccupations d'ordre environnementales en étaient un. Selon le rapport:

> Deux des problèmes environnementaux les plus aigus de l'heure sont les précipitations acides et les concentrations de gaz carbonique dans l'atmosphère; ces deux phénomènes sont essentiellement une résultante de la combustion des carburants fossiles. L'élément environnemental a donc été pour le Comité le facteur déterminant l'ayant poussé à conclure qu'un nouveau système énergétique pour le Canada ne devrait pas reposer principalement sur l'utilisation des hydrocarbures.(1)

NOTES CHRONOLOGIQUES

1958 - M. Charles Keeling commence à surveiller la concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère, à une station située à Mauna Loa, à Hawaii.

février 1979 - La Conférence mondiale sur le climat, parrainée par l'Organisation météorologique mondiale, a lieu à Genève en Suisse. La conférence insiste sur l'importance de la recherche climatique et demande des études complémentaires sur le problème du CO_2.

septembre 1979 - Une réunion de climatologues a lieu à Toronto. Le rapport de cette réunion recommande:

- l'achat d'un ordinateur capable de produire un modèle climatique, qui pourrait simuler et prédire les effets de l'augmentation du CO_2 dans l'atmosphère
- que le Canada coopère au niveau international à l'assemblage de données qui aideront à expliquer comment les océans, les forêts, le sol et les activités productrices d'énergie affectent la concentration de bioxyde de carbone dans l'atmosphère

---

(1) Canada, Chambre des communes, Comité spécial de l'énergie de remplacement du pétrole, Énergies de remplacement, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa, mai 1981, p. 64.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

- que le Canada désigne un groupe bien coordonné afin d'orienter la recheche en matière de bioxyde de carbone et ceci dans le cadre du Programme climatologique canadien.

octobre 1983 - La U.S. Environmental Protection Agency publie un rapport prédisant que les effets climatiques de l'accumulation de CO_2 dans l'atmosphère se feront sentir durant les années 90. La Naticnal Academy of Sciences publie un rapport sur les changements climatiques dans lequel elle prédit des altérations climatiques quelque peu analogues à long terme, mais se montre moins inquiète.

25 septembre 1984 - À Ottawa, lors d'un symposium intitulé "Changement global", parrainé par le Conseil international des unions scientifiques, on discute la création d'un programme international de géosphère-biosphère visant à évaluer les changements naturels et causés par l'activité humaine qui surviendront au cours des 50 à 100 prochaines années. Le carbone, qui constitue le plus important déchet de notre société moderne, serait le principal sujet de l'étude.

16 mai 1986 - Des études révèlent que depuis le début des années 70, on a constaté des phénomènes temporaires d'amincissement atteignant 50 p. 100 de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique au mois d'octobre. Les conséquences de ce phénomène sur l'effet de serre sont encore imprécises, mais il pourrait être partiellement dû à certains éléments des gaz présents à l'état de traces qui produisent l'effet de serre.

7 août 1986 - On annonce la création d'une nouvelle équipe de recherche composée de spécialistes canadiens émanant des secteurs public et privé ainsi que du milieu universitaire, qui va participer à l'étude de l'ensemble des conditions climatiques et de leur évolution.

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE

(1) Bruce, Jim et Henry Hengeveld, "Our Changing Northern Climate", GEOS, vol. 14, n° 1, hiver 1985, p. 1-6.

(2) Dickinson, R.E., et Cicerone, R.T., "Future Global Warming From Atmospheric Trace Gases", Nature, vol. 319, 9 janvier 1986, p. 109-115 (Bibliothèque du Parlement).

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

(3) États-Unis, Council on Environmental Quality, Global Energy Futures and the Carbon Dioxide Problem, Washington, janvier 1981.

(4) États-Unis, National Research Council, Energy and Climate, Washington, 25 juillet 1977, 158 p. (Bibliothèque du Parlement Ser/Q11/N293p9/ n° 2636).

(5) Hobbie, John et al., "Role of Biota in Global CO_2 Balance: The Controversy", BioScience, vol. 34, n° 8, septembre 1984, p. 492-498.

(6) Malone, T.F. et J.G. Roedere (éd.), Global Change, compte-rendu d'un symposium parrainé par le Conseil international des unions scientifiques, 20e assemblée générale, Ottawa, le 25 septembre 1984.

(7) Nierenberg, William A. (président), Changing Climate, Report of the Carbon Dioxide Assessment Committee, National Research Council, National Academy Press, Washington, 1983 (Bibliothèque du Parlement QL/879.8/N37).

(8) Seidel, Stephen et Dale Keyes, Can We Delay a Greenhouse Warming?, Office of Policy and Resources Management, Environmental Protection Agency, Washington, septembre 1983.

(9) Williams, Jill, "Global Energy Strategies: The Implications of CO_2", Futures, vol. 10, n° 4, août 1978, p. 293-302.

(10) Woodwell, G.M., "The Carbon Dioxide Question", Scientific American, vol. 238, n°1, janvier 1978, p. 34-43.